

УДК 519.854.2

ПАВЛОВ А.А.,
ЛИСЕЦКИЙ Т.Н.**НЕСТАЦИОНАРНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В ЗАДАЧАХ ИЕРАРХИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ**

В статье показано, что в предложенном в [1] гл. 9.5 дереве иерархий, предназначенного для выбора плана, которому соответствует минимальный риск существенной потери планируемой прибыли, веса вкладов критериев нижнего уровня иерархии в критерии следующего уровня по убыванию номера иерархии зависят от реализуемой альтернативы. Приводится модификация метода анализа иерархий для этого случая, предлагается информационная технология, реализующая модифицированный метод анализа иерархий в трехуровневой модели планирования и принятия решений.

The article describes, that in suggested in [1] hierarchical tree, used for selecting plan with minimal risk of significant loss of planning profit, weights of impact of low level criterion on the next level criterion on decreasing hierarchy number depends on selected alternative. The article gives a modification of Analytic Hierarchy Process Saaty for this case, it is proposed an information technology that implements the Modified Analytic Hierarchy Process in three-level model of planning and making decisions.

Введение

При решении задач планирования возникает необходимость в принятии решений по выбору оптимального плана выполнения работ с точки зрения большого количества критериев оптимальности. Для решения реальных задач многокритериального выбора в сложной обстановке с иерархическими структурами, включающими как осязаемые, так и неосязаемые факторы, широко применяется метод анализа иерархий (маи) саати. Но, так как в реальных задачах количество альтернатив может быть достаточно большим, применение классического маи будет не корректным. Такие ситуации возникают, например, когда множество альтернатив генерируется искусственно. В данной статье рассматривается модифицированный метод анализа иерархий (ммаи) [1] который может применяться на случай большого количества альтернатив.

Постановка задачи

Имеем следующую задачу принятия решений (Рис. 1), представленную в иерархической форме: m альтернатив $A_1...A_m$ и s уровней критериев $E_j^i, i = 1, s, j = 1, m_i$.

Необходимо из достаточно большого множества m альтернатив $A_1...A_m$ выбрать такую альтернативу, для которой риск от существенного уменьшения планируемой прибыли будет минимальным. При этом считается, что планируемая прибыль от реализации любой рассматри-

ваемой альтернативы будет допустимой. Так как число альтернатив достаточно большое, предполагается решение этой задачи модифицированным методом анализа иерархий [1]. Однако в общем виде дерево иерархий можно представить на рис. 1.

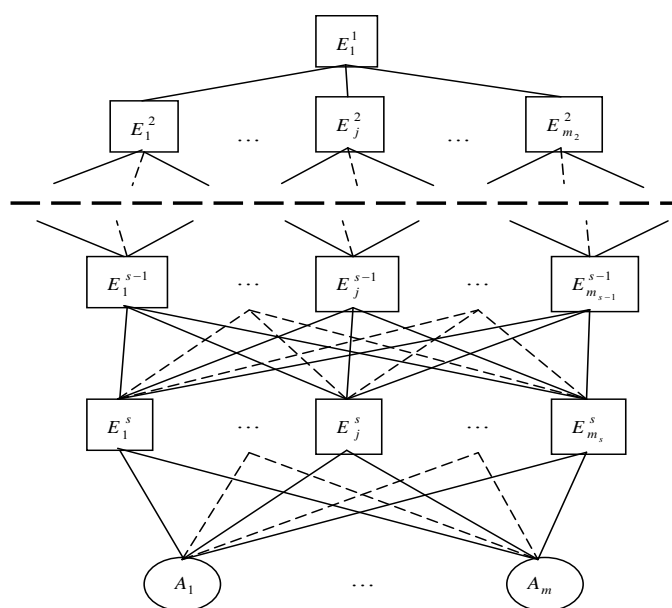


Рис. 1. Пример иерархического представления задачи принятия решений

В представленном дереве (рис. 1):

E_1^1 – глобальная цель – найти допустимый рабочий план с минимальным риском существенного уменьшения планируемой прибыли.

E_j^i – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от влияния определенного

фактора, зависящего от конкретной задачи, $j = \overline{1, m_i}$, $i = \overline{1, s}$.

A_1, \dots, A_m – набор альтернатив.

Модификация метода анализа иерархий

Пусть $\omega_{E_j^i}^{E_e^{i+1}}$ – вклад (вес) критерия E_e^{i+1} в критерий E_j^i . Классическое использование метода анализа иерархий предполагает, что значения $\omega_{E_j^i}^{E_e^{i+1}}$ для всех j, e, t не зависят от альтернатив A_1, \dots, A_m . Во многих случаях это не так [1] (п. 9.5).

Веса $\omega_{E_j^i}^{E_e^{i+1}}$ всех критериев вычисляются в соответствии с общепризнанными требованиями к методу анализа иерархий [2] по матрицам попарных сравнений.

На нижнем уровне иерархии $\gamma_{ij}, i, j = \overline{1, m} (i \neq j)$ – это элементы матриц парных сравнений. Они показывают во сколько раз степень риска существенного изменения прибыли у допустимого плана выполнения работ A_i выше, чем у допустимого плана выполнения работ A_j как следствие возможной реализации условий, определяющих критерий $E_l^s, l = \overline{1, m}$.

Рассмотрим промежуточный уровень иерархии, $j = \overline{1, s}$. Пусть найдены веса $\omega_{E_j^i}^i, i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, m_l}$ l -го уровня дерева иерархий. Тогда находится вклад (вес) критерия E_e^{l-j+1} ($e = \overline{1, m_{l-j+1}}$) в критерий E_t^{s-j} ($t = \overline{1, m_{l-j}}$) в предположении, что реализуется альтернатива A_i , т. е. находятся по матрицам парных сравнений веса $\omega_{E_t^{s-j}}^{E_e^{l-j+1}}(A_i)$. Соответствующие нормировки весов каждого набора являются одинаковыми. Таким образом, вес критерия вычисляется по следующей формуле:

$$E_t^{l-j}(A_i) = \sum_{e=1}^{m_{l-j+1}} \omega_{E_t^{l-j}}^{E_e^{l-j+1}}(A_i) E_e^{l-j+1}(A_i) \quad (1)$$

Для верхнего уровня дерева иерархий по каждому набору весов $\{\omega_{E_t^1}^{E_e^2}(A_i), \forall e, t\}$, $i = \overline{1, m}$, находятся результирующие веса альтернатив

$$E_1^1(A_i) = \omega_i(A_i) = \sum_{e=1}^{m_2} \omega_{E_1^1}^{E_e^2}(A_i) E_e^2(A_i).$$

На основании формулы (1) можно утверждать, что критерий каждого уровня зависит от критерия следующего уровня по убыванию но-

мера иерархии ($l-j$ уровень зависит от $l-j+1$). Таким образом, веса вкладов критериев нижнего уровня иерархии в критерии следующего уровня по убыванию номера иерархии зависят от реализуемой альтернативы.

Наилучшей альтернативе соответствует минимальный вес $\min_i \omega(A_i)$, то есть, наименьший риск существенного уменьшения планируемой прибыли имеют те планы выполнения работ, у которых результирующий вес $E_1^1(A_i)$ является наименьшим.

ММАИ для четырехуровневой структуры

Очевидно, что каждой конкретной системе планирования соответствует свое собственное дерево иерархий. Рассмотрим инвариантное дерево иерархий (рис. 2), представленное в [1] п. 9.5.

E_1^1 – глобальная цель – найти допустимый рабочий план с минимальным риском существенного уменьшения планируемой прибыли.

E_1^2 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли для плана в случае его успешного выполнения.

E_2^2 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в случае срыва заданных ограничений по срокам.

E_1^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в силу ухудшения рыночной конъюнктуры, как следствие возможного локального (глобального) финансового кризиса.

E_2^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в силу возможного появления в планируемом периоде на рынке конкурентно эффективных альтернатив.

E_3^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли в силу резкого увеличения затрат на выполнение допустимого плана, зависящих от возможной реализации ряда (определенных типом системы планирования) факторов, оценка которых не поддается детерминированному прогнозу.

E_4^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного изменения в худшую сторону финансовой стабильности заказчика (заказчиков).

E_5^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от неправильной оценки

ресурсных, трудовых, наукоемких затрат для выполнения допустимого плана. Фактор является существенным, когда допустимый план включает в себя выпуск качественно новой продукции.

E_6^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного несоответствия качества исходной продукции (полуфабрикатов, комплектующих изделий и т. д.) стандартам, влияющих на значение показателей качества выпускаемой продукции, что может привести к увеличению сроков выпуска результирующей продукции.

E_7^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного срыва запланированных сроков поставщиками.

E_8^3 – риск существенного уменьшения планируемой прибыли от возможного ухудшения на плановом периоде функционирования системы ее финансового состояния, что может привести к срыву допустимых сроков плана выполнения работ.

Локальные вклады критериев $\hat{A}_1^3 \dots \hat{A}_4^3$ в критерий \hat{A}_2^2 равны нулю.

Локальные вклады критериев $\hat{A}_5^3 \dots \hat{A}_8^3$ в критерий \hat{A}_1^2 равны нулю.

A_1, \dots, A_m – набор альтернатив (планов).

Допустимые планы выполнения работ, реализуются на основе результатов прогноза рыночной конъюнктуры, сформированного портфеля заказов, и каждый из них может быть принят к реализации в плановом периоде.

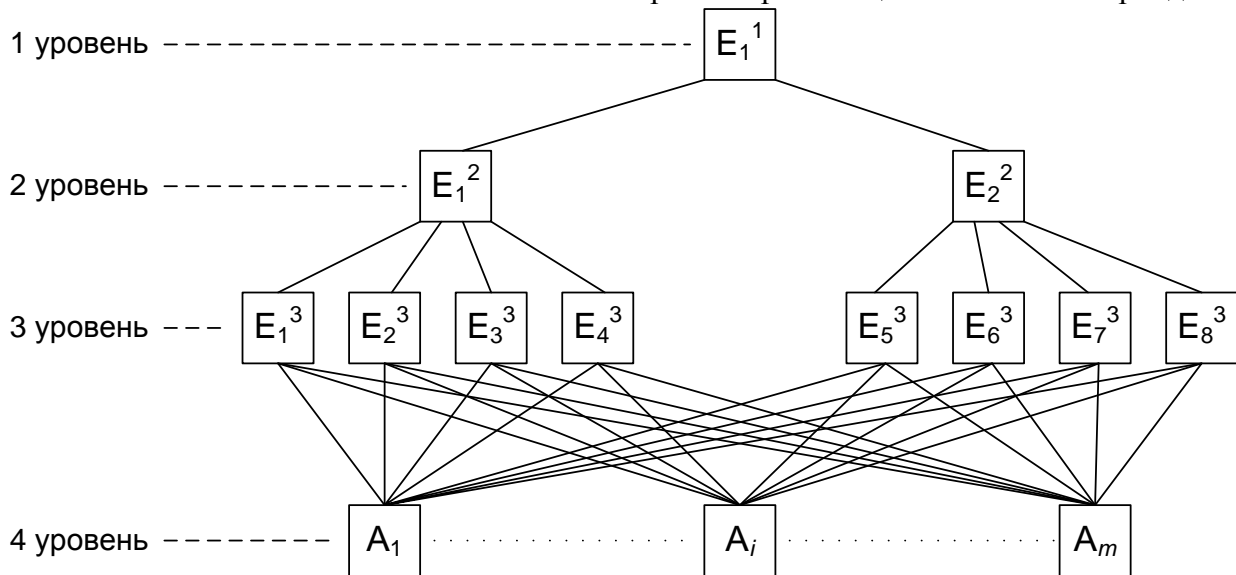


Рис. 2. Дерево иерархий

Элементы матриц парных сравнений на четвертом уровне иерархии $\gamma_{ij}, i, j = \overline{1, m} (i \neq j)$ интерпретируются следующим образом: во сколько раз степень риска существенного изменения прибыли у допустимого плана выполнения работ A_i выше, чем у допустимого плана выполнения работ A_j как следствие возможной реализации условий, определяющих критерий $E_e^3, e = \overline{1, 8}$. По матрицам попарных сравнений вычисляются веса:

$$E_e^3(A_i) = \omega_{E_e^3}^i, i = \overline{1, m}, e = \overline{1, 8}.$$

Элементы матриц парных сравнений на третьем уровне иерархий $\gamma_{ij}, i, j = \overline{1, 4} (i \neq j)$ интерпретируются следующим образом: во сколько раз вклад критерия E_i^3 весомей вклада крите-

рия E_j^3 в критерий E_1^2 (либо в критерий E_2^2) без учета требования о существенном уменьшении планируемой прибыли.

Найдем значение критерия E_1^2 и E_2^2 на альтернативе A_i :

$$E_1^2(A_i) = \sum_{l=1}^4 \omega_{E_1^2}^{E_l^3}(A_i) E_l^3(A_i) = \sum_{l=1}^4 \omega_{E_1^2}^{E_l^3}(A_i) \omega_{E_l^3}^i;$$

$$E_2^2(A_i) = \sum_{l=5}^8 \omega_{E_2^2}^{E_l^3}(A_i) E_l^3(A_i) = \sum_{l=5}^8 \omega_{E_2^2}^{E_l^3}(A_i) \omega_{E_l^3}^i.$$

Нормированные локальные веса $\omega_1(A_i), \omega_2(A_i)$ при значениях $E_1^2(A_i)$ и $E_2^2(A_i)$ окончательно реализуют интегральный вес альтернативы A_i :

$$E_1^1(A_i) = \omega_1(A_i) E_1^2(A_i) + \omega_2(A_i) E_2^2(A_i) =$$

$$= \omega_1(A_i) \sum_{l=1}^4 \omega_{E_1^3}^{E_1^2}(A_i) \omega_{E_1^3}^i + \omega_2(A_i) \sum_{l=5}^8 \omega_{E_1^3}^{E_1^2}(A_i) \omega_{E_1^3}^i,$$

$i = \overline{1, m}$, веса $\omega_1(A_i), \omega_2(A_i) \geq 0$ непосредственно определяются экспертным путем и интерпретируются как оценка возможности выполнения или невыполнения плана (альтернативы A_i). Можно лишь указать очевидную тенденцию: чем стабильнее финансовое состояние самой системы и экономики в целом, тем больше $\omega_1(A_i)$ по сравнению с $\omega_2(A_i)$.

Наименьший риск существенного уменьшения планируемой прибыли имеют те планы выполнения работ, у которых результирующий вес $E_1^1(A_i)$ является наименьшим.

Информационная технология, реализующая модифицированный метод анализа иерархий

Рассмотренный модифицированный метод анализа иерархий используется в иерархической системе планирования в блоке принятия решений, который состоит из двух этапов (рис. 3) [1]. На первом этапе по различным критериям оптимальности формируется целая серия возможных допустимых планов, отличающихся конкретным видом критерия, директивными сроками, весовыми коэффициентами, технологией реализации. На втором этапе в результате применения модифицированного метода анализа иерархий выбирается тот, который минимизирует риск существенного уменьшения планируемой прибыли и будет реализован в течение планового периода.

Данный алгоритм реализован в рамках отдельного класса МАНР (Modified Analytic Hierarchy Process), предоставляющего программный интерфейс для взаимодействия с ним, и находящегося в модуле принятия решений. Информационная система трехуровневой модели планирования и принятия решений вызывает этот модуль после второго уровня, когда получен согла-

сованный план выполнения агрегированных работ. В соответствии с алгоритмом программное обеспечение строит отдельное дерево иерархий для каждой альтернативы.

Программное обеспечение, реализующее блок соответствующий модифицированному методу анализа иерархий, дает возможность экспертам задавать структуру дерева иерархий, указывать элементы матриц попарных сравнений всех альтернатив и критериев и, после вычислений результирующих весов для всех планов, предоставляет возможность выбора плана для реализации.

Процедура вычисления результирующих весов планов (альтернатив) начинается с определения весов альтернатив по отношению к всем критериям нижнего уровня. Они вычисляются на основании матриц попарного сравнения в соответствии с общепризнанными требованиями к методу анализа иерархий. Далее для каждого плана строится свое дерево иерархий. Вклад критериев каждого уровня в критерии следующего уровня (по убыванию номера иерархии) зависят от реализуемой альтернативы. Эта процедура повторяется для каждого уровня критериев, пока не будет получен результирующий вес планов. В результате будут получены оценки весов всех альтернатив.

Наилучшей альтернативе соответствует минимальный вес, то есть, наименьший риск существенного уменьшения планируемой прибыли имеют те планы выполнения работ, у которых результирующий вес является наименьшим.

Если план с наименьшим весом имеет максимальную прибыль, то он выбирается для выполнения. В других случаях, найденные веса для всех планов помогают лицу принимающему решение выбрать оптимальный план с точки зрения, как максимизации прибыли, так и минимизации возможности понести существенные финансовые потери.

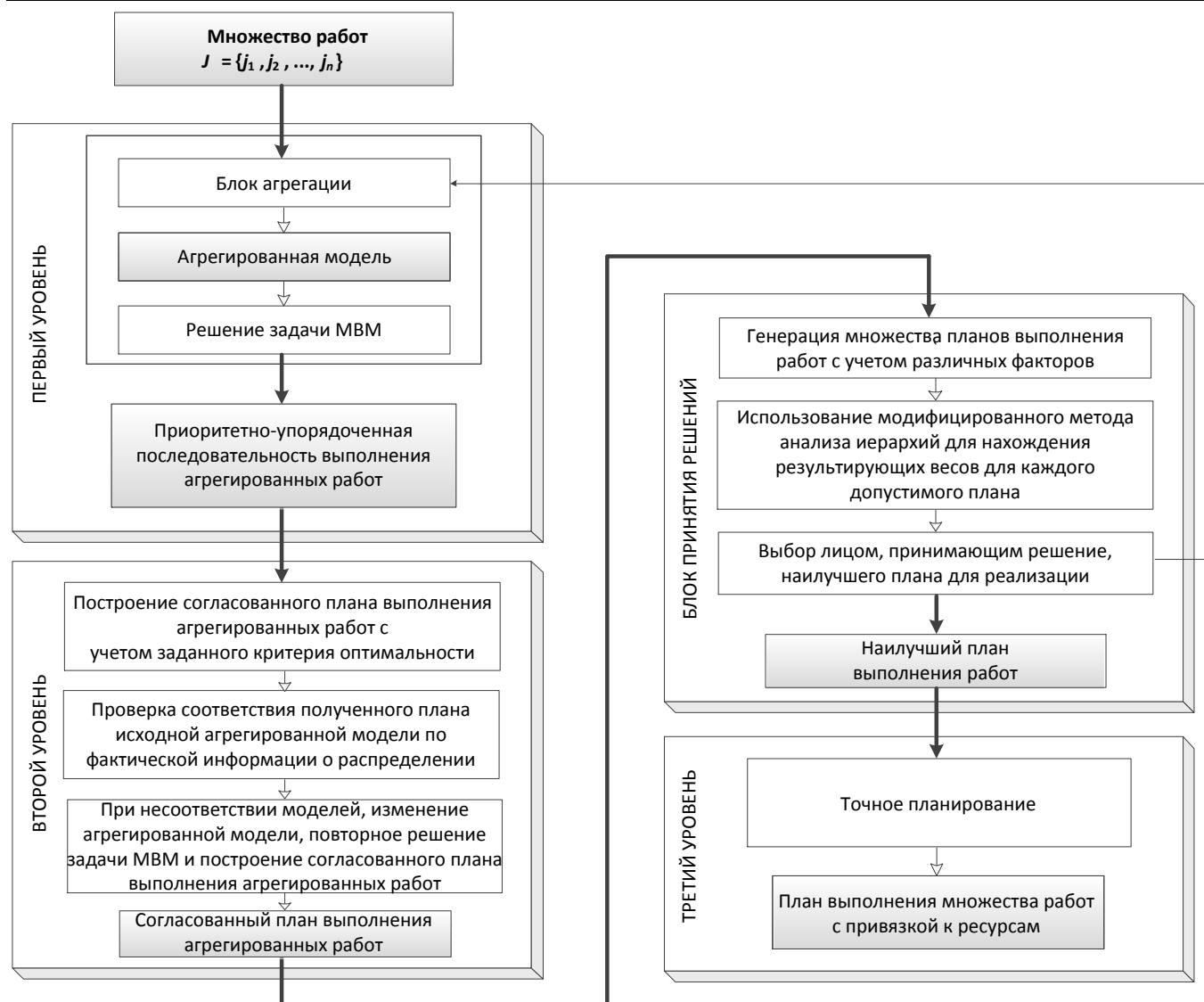


Рис. 3. Функциональная схема иерархической модели планирования и управления сложными системами

Выводы

На примере конкретного дерева иерархий в статье показано, что веса вкладов критериев нижнего уровня иерархии в критерии следующего уровня по убыванию номера иерархии зависят от реализуемой альтернативы.

Алгоритм модифицированного метода анализа иерархий построен таким образом, что для

каждой альтернативы строится свое дерево иерархий Саати.

В результате выполнения алгоритма для каждой альтернативы (допустимого плана) вычисляется результирующий вес, отражающий риск существенного уменьшения прибыли при реализации соответствующей альтернативы.

Список литературы

1. Згуровский М.З., Павлов А.А. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами: Монография. – К.: Наукова думка, – 2010. – 573 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Tomas Saaty. The Analytic Hierarchy Process. – Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 315 с.